

Valoración del falso fraguado del cemento. Alcance de un método

CESAR DEL OLMO RODRIGUEZ, Dr. en Ciencias Químicas
I.E.T.c.c.

RESUMEN

En el presente artículo se aborda el tema del falso fraguado del cemento y su valoración. A través del método de ensayo que se estudia es posible discernir cualquier tipo de fraguado que presente un cemento.

INTRODUCCION

El comportamiento del cemento en el fraguado puede presentar una anomalía conocida con el nombre de falso fraguado. Este fenómeno se manifiesta por una brusca rigidez que se produce en la pasta durante o después del amasado sin desprendimiento importante de calor, a diferencia del fraguado normal en el que se libera una cantidad de calor fácilmente apreciable.

Esta rigidez que se produce en la pasta, se cree, es debida a la formación en ella de un esqueleto de yeso hemihidrato o de carbonatos alcalinos que confieren a la pasta la rigidez señalada (*), aunque no se descarta tampoco la posibilidad de que esta rigidez sea también consecuencia de ciertos fenómenos superficiales debidos a cargas electrostáticas.

La frecuencia con que aparece esta anomalía en los cementos españoles, sin ser alta, sí es superior a la de años atrás, en razón a que en la actualidad los cementos, en general, se muelen a mayor finura, aumentando con ello la probabilidad de formación de estos fenómenos superficiales.

El falso fraguado, aunque molesto, en general, no suele presentar graves inconvenientes, por cuanto un amasado más continuado restituye a la pasta su plasticidad, haciéndose el fraguado normal y no variando apreciablemente las resistencias finales.

(*) Varias hipótesis han sido anticipadas para explicar el fenómeno. Parece que la más verosímil corresponde a la deshidratación del yeso, que constituye el regulador de fraguado del cemento. Esta deshidratación se produce en los molinos de cemento cuando no están suficientemente refrigerados y alcanzan temperaturas superiores a 120°C. En estas condiciones el yeso se transforma en hemihidrato. Este hemihidrato que es muy ávido de agua, vuelve a dar cristales de yeso en forma de agujas que dan rigidez a la pasta en el momento del amasado.

También la aireación de ciertos cementos con contenidos altos en álcalis puede producir el fenómeno de falso fraguado, como consecuencia de la carbonatación de los álcalis.

El usuario ante un cemento caliente que presenta este fenómeno, puede adoptar la precaución de dejar en reposo el cemento durante un cierto tiempo; con esta espera el falso fraguado con frecuencia desaparece. En ningún caso deberá añadirse agua de nuevo, la cual ocasionaría los perjuicios consiguientes (disminución de las resistencias mecánicas y de la durabilidad, aumento de las probabilidades de disgregación de los componentes del hormigón, etc.).

En la práctica, se palia el inconveniente derivado de la aparición en el cemento de un falso fraguado, alterando el orden normal de puesta en la hormigonera de los materiales que componen el hormigón. Cuando el cemento presenta el fenómeno de falso fraguado, este orden suele ser el siguiente: en primer lugar, se introduce en la hormigonera la mitad del agua de amasado prevista para la tongada, a continuación todo el cemento y seguidamente todo el árido grueso, que al amasarse con el cemento rompe la estructura formada en la pasta de cemento y que daba lugar al fenómeno de falso fraguado; al cabo de unos minutos de iniciado el movimiento de la hormigonera, se incorporan a ésta el resto del agua de amasado y el árido fino.

Es importante, sin embargo, diferenciar la magnitud del falso fraguado que puede presentar un cemento para, en caso de ser excesivo, rechazar incluso el cemento por este inconveniente.

El grado de rigidez de la pasta, debido a este fenómeno, puede conocerse por medio del método de ensayo contenido en la norma ASTM C 451-68.

Sin embargo, ni el vigente Pliego español, ni el que entrará en vigor en junio de 1976, establecen especificaciones relativas al falso fraguado del cemento, ni se incluye en estos Pliegos método alguno para valorar el fenómeno.

METODO DE ENSAYO

Un método de ensayo para poner de manifiesto el fenómeno de falso fraguado ha de partir de una pasta de cemento de una consistencia muy fluida (bastante superior a la de consistencia normal), para lograr dos efectos: favorecer una rápida disolución de los constituyentes del cemento (hemihidrato u otros) causantes del falso fraguado y también para hacer resaltar al máximo, por comparación, la rigidez posterior de la pasta debida al fenómeno de falso fraguado.

Si se adopta en el ensayo el método de penetración con la sonda de Vicat para la medida de la plasticidad de la pasta y como recipiente para contener ésta el molde troncocónico, clásico en los ensayos del cemento, la plasticidad está limitada por la altura del molde (40 mm); esto es, que dicha plasticidad debe ser como máximo aquella que permita una penetración de 39 mm de la sonda en dicha pasta.

Una vez preparada una pasta de esta naturaleza, debe dejarse en reposo durante unos minutos para dar lugar a que el fenómeno que tratamos de estudiar se manifieste; este lapso de espera no es necesario que sea largo, basta unos pocos minutos, puesto que el fenómeno aparece casi inmediatamente. Al cabo de estos minutos, fijados en el ensayo, se comprueba la rigidez de la pasta con el método adoptado (sonda de Vicat).

A continuación, se somete a la pasta a un amasado enérgico con el fin de romper la estructura aparecida en la pasta. Y, por último, se mide nuevamente la consistencia.

El método de ensayo contenido en la norma ASTM C 451-68 participa del esquema anterior; sin embargo, no se llega en esta norma a toda la interpretación de los resultados que es posible extraer del ensayo.

Norma ASTM C 451-68

En esta norma se parte de una pasta de cemento de consistencia más fluida que la de consistencia normal. La proporción de agua empleada en el amasado del cemento es en este caso aquélla que permita una penetración de la sonda de Tetmajer (*) de 34 ± 4 mm en la probeta de 40 mm de altura, fabricada con dicha pasta y contenida en el molde troncocónico normalizado, penetración que se denomina en el ensayo Penetración inicial (P_1).

Una vez obtenida la pasta de consistencia arriba indicada, se la deja reposar en el molde durante 5 minutos, transcurridos los cuales se vuelve a determinar la profundidad de la penetración lograda por la sonda (Penetración final) (P_2).

Por último, se rompe la estructura formada en la pasta (cuya consecuencia es el falso fraguado), por medio de un segundo amasado mecánico de la pasta. La pasta se reintegra al molde y se mide de nuevo la penetración de la sonda (Penetración inicial, después del remezclado) (P_3).

En la norma se especifican todas las condiciones del ensayo (características de la amadora, tiempo de cada operación, temperatura de los materiales, etc.).

En la figura 1 se incluye un esquema del ensayo de falso fraguado del cemento.

VALORACION DEL TIPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO

Al ensayar un cemento según el método anterior, pueden presentarse los cuatro casos siguientes:

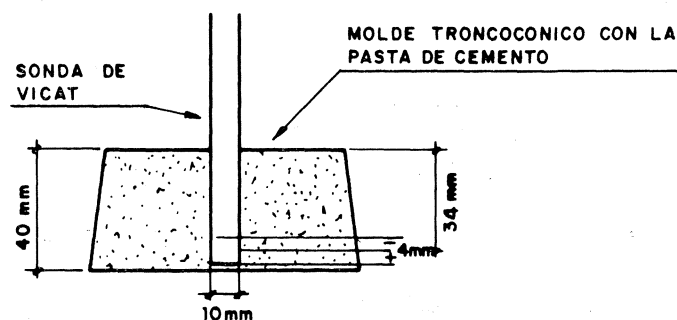
- 1.º que durante el ensayo el cemento no experimente ningún tipo de fraguado (**);
- 2.º que se produzca un fraguado rápido;
- 3.º que se produzca un falso fraguado, pero que la rigidez que éste origina no se considere excesiva; y, por último,
- 4.º que se produzca un falso fraguado, pero rechazable según la norma ASTM C-150, por presentar una rigidez estimada como excesiva.

De la magnitud que alcanza la penetración de la sonda en las tres fases del ensayo [Penetración inicial (P_1), Penetración final (P_2) y Penetración inicial después del remezclado (P_3)], es posible deducir el tipo de fraguado que presenta el cemento.

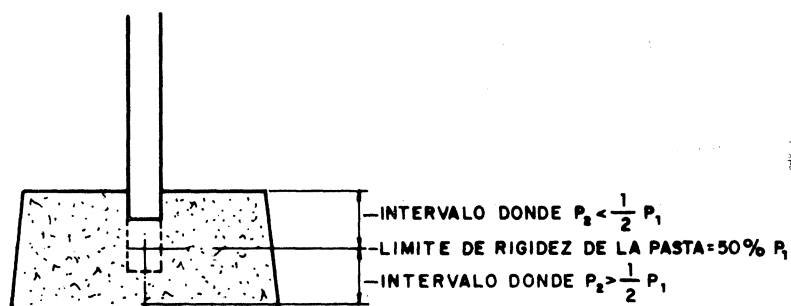
(*) Sonda cilíndrica de 1 cm de diámetro y 300 g de peso colocada en el aparato de Vicat.

(**) Esto no quiere decir que el cemento no fragüe, sino que el principio de fraguado se inicia en un tiempo superior al de realización del ensayo.

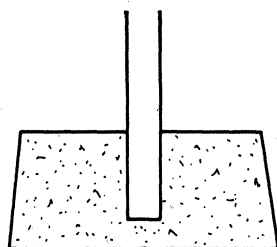
ESQUEMA DEL ENSAYO DE FALSO FRAGUADO



PENETRACION INICIAL (P_1)



PENETRACION FINAL (P_2)



$$P_3 \approx P_1$$

PENETRACION INICIAL DESPUES DEL REMEZCLADO (P_3)

Fig. 1

En el cuadro siguiente se resume la interpretación que cabe dar a los valores de las penetraciones antes citadas.

Valores de la penetración en las tres fases del ensayo		Tipo de fraguado	
$P_2 \simeq P_1$	$P_3 \simeq P_2 \simeq P_1$	Ningún fraguado durante el ensayo (*)	(1)
$P_2 \ll P_1$ (**)	$P_3 \simeq P_2$	Fraguado rápido	(2)
$P_2 > 1/2 P_1$	$P_3 \simeq P_1$	Falso fraguado tolerable	(3)
$P_2 < 1/2 P_1$ (**)	$P_3 \simeq P_1$	Falso fraguado rechazable	(4)

EJEMPLO ACLARATORIO

A continuación se incluyen cuatro ejemplos de otros tantos cementos que presentan distintos tipos de fraguado, que han sido ensayados según la Norma ASTM C 451-68.

Los valores obtenidos en el ensayo son los siguientes:

	1	2	3	4
Penetración inicial (P_1)	38	38	38	38 mm
Penetración final (P_2)	36	3	22	6 mm
Penetración final, % = $100 P_2/P_1$	95	8	58	16
Remezclado				
Penetración inicial (P_3)	36	5	32	31 mm

Según la clasificación que puede deducirse de los resultados anteriores, el cemento n.º 1 no ha presentado ningún tipo de fraguado durante el tiempo de realización del ensayo. Esta apreciación se deduce del hecho de que la penetración final antes y después del remezclado ha resultado del mismo orden que la penetración impuesta primitivamente a la pasta, todo ello consecuencia de no haberse producido en la pasta ningún tipo de endurecimiento. Esto, en general, significa un comportamiento normal del cemento; es decir, que su principio de fraguado es bastante posterior al tiempo que dura el ensayo.

El cemento n.º 2 presenta un fraguado rápido. A esta conclusión se llega porque el cemento ha experimentado en el lapso de tiempo de los 5 minutos en que se deja reposar la pasta en el ensayo, un endurecimiento tal que la sonda sólo ha podido penetrar en la pasta 3 mm, y al realizarse el remezclado de la pasta, este endurecimiento se mantiene, aunque disminuido ligeramente por efecto del nuevo amasado.

(*) Esto no quiere decir que el cemento no fragüe, sino que el principio de fraguado se inicia en un tiempo superior al de realización del ensayo.

(**) Existen cementos que en el remezclado recuperan sólo una parte de la plasticidad inicial, por lo que existe duda de si en ellos tiene lugar un fraguado rápido o un falso fraguado del tipo (4).

El cemento n.º 3 muestra un endurecimiento durante el período de reposo de los 5 minutos establecido por la norma, endurecimiento que ha permitido únicamente una penetración posterior de la sonda de una profundidad de 22 mm en la pasta de cemento. Al efectuarse el remezclado, se recupera la plasticidad primitiva de la pasta, o al menos en parte, por haberse roto la estructura causante del falso fraguado, con lo que la sonda después del remezclado logra una penetración de 32 mm.

Los resultados anteriores permiten deducir que el cemento n.º 3 presenta un falso fraguado y que es del tipo admisible, según las especificaciones de la norma ASTM C-150, al haber dado lugar a un endurecimiento que ha permitido una penetración final de la sonda del 58 %; esto es, superior al 50 % que es el límite máximo admisible por dicha norma.

Por último, el cemento n.º 4 presenta unas características similares al cemento anterior; es decir, un endurecimiento y una recuperación de la plasticidad por efecto del remezclado, lo que demuestra que presenta un falso fraguado. Sin embargo, el endurecimiento ha sido en este caso de tal naturaleza que ha permitido únicamente una penetración final de la sonda del 16 %, por lo que el cemento se le considera rechazable según la norma ASTM por presentar un falso fraguado no admisible (penetración inferior al 50 %).

BIBLIOGRAFIA

- (1) Norma ASTM C 451-68.
- (2) Pliego de condiciones para la recepción de conglomerantes hidráulicos en obras de carácter oficial (B. O. E. n.º 109, de 6 de mayo de 1964).
- (3) Pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de cementos (B. O. E. n.ºs 206 y 207, de 28 y 29 de agosto de 1975).
- (4) JOISEL, A.: Prise et fausse-prise des ciments. *Revue des Matériaux de Construction* n.º 649, 309-311 (1969).
- (5) VENUAT, M. y PAPADAKIS, M.: Control y ensayo de cementos, morteros y hormigones. Ed. Urmo, 142-145, (1966).